المملكة الأردنية الهاشمية
وزارة التربية والتعليم

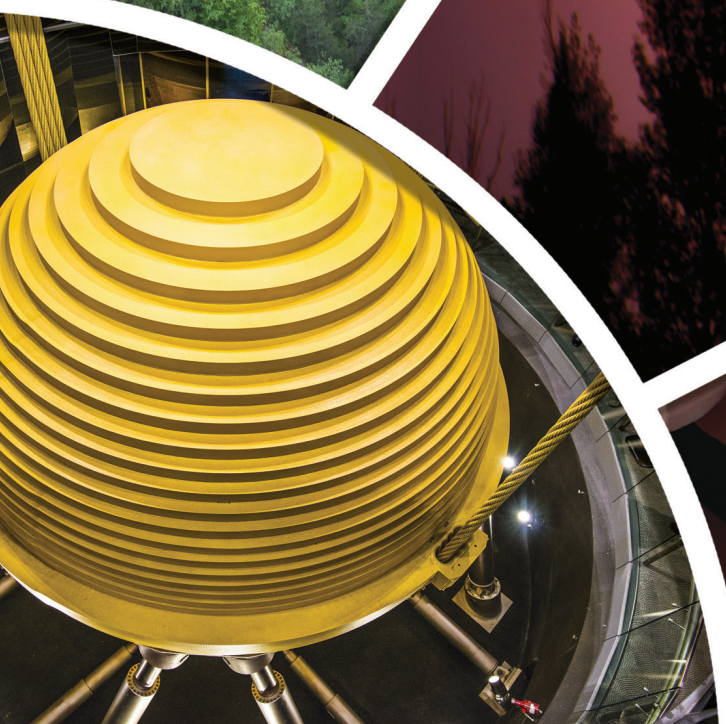
المركز الوطني لتطوير المناهج
National Center for Curriculum Development

الفيزياء

الصف الحادي عشر - المسار الأكاديمي

الفصل الدراسي الثاني

11



كتاب الأنشطة والتجارب العملية

المركز الوطني
لتطوير المناهج
National Center
for Curriculum
Development

المملكة الأردنية الهاشمية
وزارة التربية والتعليم

الفيزياء

الصف الحادي عشر - المسار الأكاديمي
كتاب الأنشطة والتجارب العملية

الفصل الدراسي الثاني

11

فريق التأليف

د. موسى عطا الله الطراونة (رئيسًا)

أ.د. محمود إسماعيل الجاغوب
خلدون سليمان المصاروه
موسى محمود جرادات
يحيى أحمد طواها

الناشر: المركز الوطني لتطوير المناهج

يسرُّ المركز الوطني لتطوير المناهج استقبال آرائكم وملحوظاتكم على هذا الكتاب عن طريق العناوين الآتية:

06-5376262 / 237 | 06-5376266 | P.O.Box: 2088 Amman 11941

@nccdjor | feedback@nccd.gov.jo | www.nccd.gov.jo

قـرّرت وزارة التربيـة والتعليـم تدريـس هـذا الكتـاب في مـدارس المملكـة الأردنيـة الهاشـمية جميعهـا، بنـاءً عـلى قرار المجلـس الأعلى للمركـز الوطنـي لتطوير المناهج في جلسـته رقم (2024/8)، تاريـخ 2024/10/16 م، وقرار مجلس التربية والتعليـم رقم (2024/173)، تاريـخ 2024/11/17 م، بـدءًا مـن العام الـدراسي 2024 / 2025 م.

© HarperCollins Publishers Limited 2024.
- Prepared Originally in English for the National Center for Curriculum Development. Amman - Jordan
- Translated to Arabic, adapted, customised and published by the National Center for Curriculum Development. Amman - Jordan

ISBN: 978 - 9923 - 41 - 621 - 1

المملكة الأردنية الهاشمية
رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية
(2024/5/2909)

بيانات الفهرسة الأولية للكتاب:

عنوان الكتاب	الفيزياء/ كتاب الأنشطة والتجارب العملية: الصف الحادي عشر، الفصل الدراسي الثاني
إعداد / هيئة	الأردن. المركز الوطني لتطوير المناهج
بيانات النشر	عمان: المركز الوطني لتطوير المناهج، 2024
رقم التصنيف	373,19
الواصفات	/ الفيزياء/ / أساليب التدريس/ / المناهج/ / التعليم الثانوي/
الطبعـة	الطبعـة الأولى

يتحمل المؤلف كامل المسؤولية القانونية عن محتوى مصنفه، ولا يعبّر هذا المصنف عن رأي دائرة المكتبة الوطنية.

المراجعة والتعديل

ميمي محمد التكروري
موسى محمود جرادات

التحكيم الأكاديمي

د. رامي مصطفى علي

تصميم وإخراج

نايف محمد أمين مراشدة

التحرير اللغوي

محمد صالح شنيور

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, sorted in retrieval system, or transmitted in any form by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise , without the prior written permission of the publisher or a license permitting restricted copying in the United Kingdom issued by the Copyright Licensing Agency Ltd, Barnard's Inn, 86 Fetter Lane, London, EC4A 1EN.
British Library Cataloguing -in- Publication Data
A catalogue record for this publication is available from the Library.

الطبعة الأولى (التجريبية) 1446 هـ / 2024 م

قائمة المتحويات

الموضوع	رقم الصفحة
الوحدة الثالثة: الكهرباء السكونية	
تجربة استهلاليّة: قياس قوّة التنافر الكهربائية بين شحنتين عمليًّا	4
التجربة 1 : استقصاء العلاقة بين القوّة الكهربائيّة والبُعد بين الشحنتين في قانون كولوم.	7
التجربة 2 : استنتاج العلاقة بين الجهد الكهربائي بالقرب من شحنة موجبة والبعد عنها	11
تجربة إثرائية: اكتشاف الإلكترون	14
أسئلة تفكير	18
الوحدة الرابعة: الحركة التذبذبية والحركة الموجية	
تجربة استهلالية: دراسة الحركة التذبذبية لجسم معلق في نابض	20
التجربة1 : استخدام البندول البسيط؛ لإيجاد تسارع السقوط الحرّ عمليًّا	24
التجربة2 : استقصاء تردّدات الموجات الموقوفة في وتر مشدود	28
التجربة3 : قياس طول موجة ضوء أحادي اللون باستخدام محزوز الحيود	31
تجربة إثرائية 1 : تصميم ساعة بندولية	34
تجربة إثرائية2 : تحليل الضوء الأبيض باستخدام المطياف ومحزوز الحيود	37
أسئلة تفكير	41

تجربة استهلالية

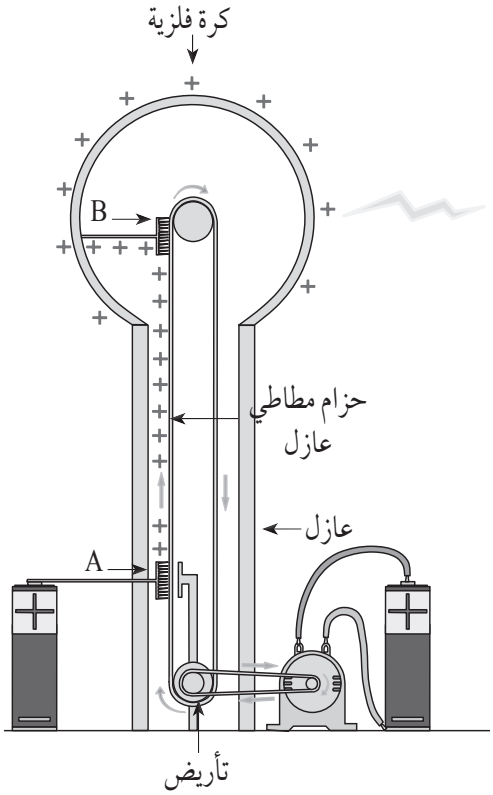
قياس قوّة التنافر الكهربائيّة بين شحنتين بطريقة عملية

الخلفية العلمية:

تنشأ قوّة كهربائيّة بين الأجسام المشحونة، وتكون على شكل تنافر إن كانت شحنتا الجسمين متشابهتين؛ وعلى شكل تجاذب إن كانت شحنتا الجسمين مختلفتين.

في هذه التجربة؛ نستعمل كرتين خفيفتين من البولسترين، كي يكون أثر القوّة واضحًا عند قياسها مقارنة بوزن الكرة. مع مراعاة التدريج المبيّن على الميزان الحسّاس إن كان يقيس كتلة أو قوّة. وستُغلف الكرتان بورق الألمنيوم لتُصبح الكرة موصلة ويُمكن شحنها.

مولّد فان دي غراف: The Van de Graff Generator



جهاز كهربائيّ يُستعمل في الأبحاث والتجارب العلمية؛ إضافة إلى استعماله لتوضيح بعض تطبيقات وظواهر الكهرباء الساكنة. والنسخة الأولى من هذا الجهاز صُنعت في عام 1931م على يد عالم الفيزياء الأمريكي روبرت فان دي غراف، من أجل استعماله في أبحاث الفيزياء النووية؛ عن طريق توليد كمّية كبيرة من الكهرباء الساكنة ذات الجهد المرتفع.

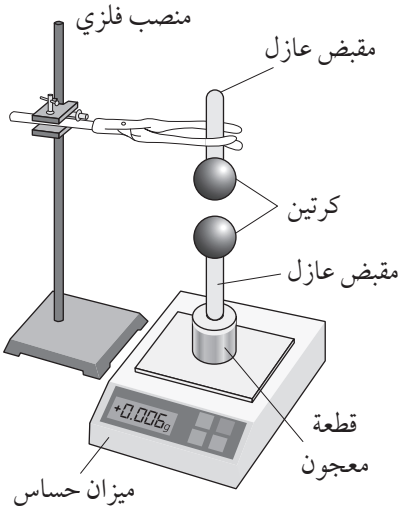
يتكوّن الجهاز من مصدر للشحنات، وفرشاة فلزية ذات رؤوس مدبّبة (A)، تنقل الشحنة الموجبة إلى حزام عازل يحملها إلى أعلى الجهاز؛ إذ توجد فرشاة فلزّية ثانية (B)، تلتقط الشحنات الموجبة من الحزام وتنقلها إلى موصل فلزّي كروي الشكل ومعزول، حتّى تتجمع على هذا الموصل كمّية كبيرة من الشحنة الكهربائيّة الموجبة، تعمل على رفع جهده إلى مقدار كبير. وبما أنّ الفرشاة (B) تلامس الموصل الكرويّ من الداخل؛ فإنّ الشحنات لا تستقر على الفرشاة ولا على السطح الداخلي للموصل، بل تنتشر على سطحه الخارجي.

نستعمل كرات من البولسترين، أو أيّ مادّة خفيفة أخرى؛ كي تتحرّك بسهولة بتأثير القوّة الكهربائيّة. ونُغلّفهما بالألمنيوم كي تُصبح موصلة، وعند شحنها نستعمل أداة مرافقة للمولّد، هي موصل كرويّ صغير له مقبض عازل، تجري ملامسته لكرة مولّد فان دير غراف ثم ملامسته للكرة المراد شحنها.

الهدف:

- الحصول على أجسام مشحونة باستعمال مولّد فان دي غراف.
- قياس قوّة التنافر بين شحنتين متماثلتين.

الموادّ والأدوات:



ميزان رقميّ حسّاس، (3) كرات بولستيرين (أقطارها: 5, 5, 10 cm تقريبًا)، ورق ألمنيوم، منصب فلزيّ، معجون، مقبض عازل عدد (3)، مولّد فان دي غراف.

إرشادات السلامة:

تحذير جهد عالٍ – عدم لمس كرة مولّد فان دي غراف وهو يعمل.

خطوات العمل:

بالتعاون مع أفراد مجموعتي؛ أُنفّذ الخطوات الآتية:

1. أغرزُ مقبضًا عازلًا في كلّ كرة بولستيرين، ثمّ أُغلّف الكرة جيدًا بورق الألمنيوم.
2. أُشغّل الميزان وأُثبّت إحدى الكرتين الصغيرتين ومقبضها العازل فوق الميزان باستعمال قطعة معجون، أو بأيّ طريقة مناسبة، وأضرب قراءة الميزان في تسارع السقوط الحر؛ لحساب وتساوي وزن الكرة (F_1).
3. أُثبّت الكرة الصغيرة الثانية ومقبضها العازل في المنصب الفلزيّ كما في الشكل.
4. **أجرب:** أُشغّل مولّد فان دير غراف بمساعدة المعلّم/ المعلّمة، وأشحن به كلًّا من الكرتين، بملامسة كرة المولّد للكرتين معًا في اللحظة نفسها.
5. أُقرّب المنصب الفلزيّ من الميزان الحسّاس لتُصبح كرة المنصب فوق كرة الميزان دون أن تتلامسا.
6. **أُلاحظ** قراءة الميزان الجديدة، وأضرِبُ القراءة في تسارع السقوط الحرّ لحساب (F_2)، وتساوي مجموع وزن الكرة و القوة الكهربائية. وأحسب القوة الكهربائية ($F_2 - F_1$).

التحليل والاستنتاج:

1. **أستنتجُ** أهمّية المقبض العازل الذي تُثبّت به كلّ كرة.

.....

.....

2. **أستنتج**: بناءً على قراءات الميزان؛ أُحدّد اتّجاه القوّة الكهربائيّة المؤثّرة في الشحنة السفلى.

.....

.....

3. **أتوقّع**: كيف سيكون تأثير زيادة المسافة الرأسية بين الكرتين، أو إنقاصها؟

.....

.....

4. **أفسر**: لماذا تُصنّف القوّة الكهربائيّة بأنّها قوّة تأثير عن بُعد.

.....

.....

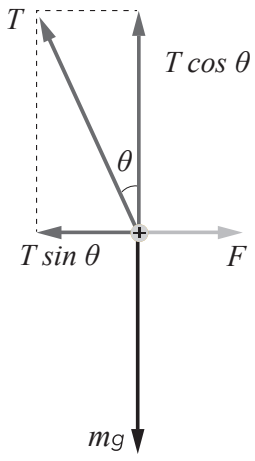
الخلفية العلمية:

يصف قانون كولوم العلاقة الرياضية بين مقدار القوّة الكهربائيّة الناشئة بين كرتين صغيرتين مشحونتين ومقدار كل من شحنتي الكرتين، و المسافة بين مركزيهما. وفي هذه التجربة؛ سيكون التركيز على أثر التغيّر في المسافة على مقدار القوّة، إذ تتناسب القوّة الكهربائيّة عكسيًّا مع مربع المسافة؛ لذا توصف العلاقة الرياضية لقانون كولوم بالتربيع العكسي.

تجدر الإشارة إلى أنّ التجربة تتضمّن مسافتين مختلفتين؛ الأولى هي البُعد بين مركزَي الكرتين المشحونتين (r)، وهذه المسافة تُعوّض في قانون كولوم، حسب العلاقة:

$$F = k\frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

أمّا المسافة الثانية الممثّلة بالرمز (d) ؛ فهي البُعد بين الموقع النهائي للكرة المتحرّكة (B) عند تأثّرها بالقوة الكهربائيّة، والموقع الابتدائي لها وهي معلّقة رأسيًّا عندما لا تتأثّر بقوة كهربائيّة، وهذه المسافة تُشكّل الضلع المقابل للزاوية (θ) في مثلث قائم الزاوية، وتفيد في معرفة قياس هذه الزاوية.



عند حدوث التنافر تستقرّ الكرة (B) لحظيًّا؛ فتتّزن سكونيًّا تحت تأثير ثلاث قوى؛ هي وزن الكرة (mg) الذي يمكن قياسه باستعمال ميزان حساس، وقوّة الشد في الخيط (T)، وقوّة التنافر الكهربائيّ (F) التي نسعى لمعرفتها.

يؤثّر وزن الكرة رأسيًّا نحو الأسفل باتّجاه محور ($-y$)، في حين تؤثّر القوّة الكهربائيّة أُفقيًّا باتّجاه محور ($+x$)، أمّا الشدّ (T) في الخيط فيلزم تحليله إلى مُركّبتين (كما في الشكل)، هما:

$$T\cos\theta, \qquad T\sin\theta$$

ونتيجة الاتّزان السكونيّ؛ فإنّ:

$$T\sin\theta = F$$
$$T\cos\theta = mg$$

بقسمة المعادلة الأولى على المعادلة الثانية؛ نحصل على العلاقة الآتية:

$$\frac{T\sin\theta}{T\cos\theta} = \frac{F}{mg}$$

$$F = mg\tan\theta$$

من الشكل نلاحظ أنّ:

$$\sin\theta = \frac{d}{L}$$

وبما أنّ الزاوية θ صغيرة؛ فيُمكننا كتابة:

$$\tan\theta = \sin\theta = \frac{d}{L}$$

أي إنّ:

$$F = mg\,\frac{d}{L}$$

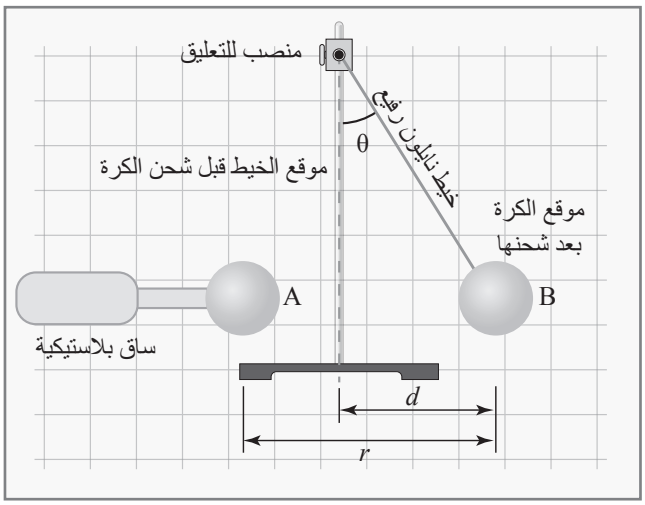
وبما أنّ كلًّا من (m, g, L) مقادير ثابتة؛ فإنّ قياس المسافة (d) في كل خطوة يؤدّي إلى معرفة مقدار القوّة الكهربائيّة (F).

الهدف:

حساب القوّة الكهربائيّة، ثم التوصّل إلى علاقة التربيع العكسيّ بينهما.

المواد والأدوات:

كرتان من البولسترين، ورق ألمنيوم، ساق بلاستيكية، خيط نايلون رفيع طوله (50 cm)، مولّد فان دي غراف، منصب فلزيّ، ورقة رسم بياني (مربعات)مدرج بوحدة (cm)، ميزان إلكتروني.



إرشادات السلامة:

تحذير جهد عالٍ – عدم لمس كرة مولّد فان دي غراف وهو يعمل.

خطوات العمل:

بالتعاون مع أفراد مجموعتي، أُنفّذ الخطوات الآتية:

1. أُغلّف كرتّي البولسترين بورق الألمنيوم، ثم أقيس كتلة الكرة (B) وأُعلّقها على المنصب باستعمال خيط النايلون، وأُثبّت الكرة (A) في الساق البلاستيكية كما في الشكل، وأُثبّت ورقة الرسم البياني خلف الكرتين بشكل رأسي.

2. بمساعدة المعلّم/ المعلّمة؛ أُشغّل مولّد فان دي غراف وأستعمله لشحن الكرتين بشحنتين متشابهتين.

3. **أجرب**: أُقرّب الكرة (A) المتّصلة بالساق بشكل تدريجيّ من الكرة المعلّقة (B) وأُلاحظ ما يحدث للكرة (B).وأحافظ على إبقاء مركز كلّ كرة على الخط الأفقيّ الواصل بينهما.

4. **أقيس** كلًّا من طول الخيط (L) والإزاحة الأُفقية التي حدثت للكرة المعلّقة (d) والمسافة الفاصلة بين الكرتين (r)، وأُدوّن النتائج في جدول خاصّ.

5. أُحرّك الكرة (A) باتّجاه الكرة (B) المعلّقة، ثمّ أُكرّر القياسات في الخطوة السابقة.

6. أُكرّر التجربة (3) مرّات أُخرى مع تغيير موقع الكرة (A) في كلّ مرة، ثمّ أُدوّن القياسات.

البيانات والملاحظات:

أستخدم الأرقام: أحسب مقدار القوّة الكهربائيّة بمعرفة وزن الكرة وكلّ من القياسات السابقة؛ باستعمال قوانين المتّجهات والاتّزان السكوني.

رقم المحاولة	الكتلة (m) (kg)	طول الخيط (L) (m)	المسافة (d) (m)	المسافة (r) (m)	القوّة (F) (N)
1					
2					
3					
4					
5					

التحليل والاستنتاج:

1. أرسمُ مخطّط الجسم الحرّ للكرة (B)، وأراعي أن الكرة متزنة لحظيًّا عند أقصى موقع لها.

2. **أستخدم الأرقام**: أحسب القوة الكهربائية، وأفترض أن $\sin\theta = \tan\theta$ (لأنّ الزاوية صغيرة القياس).

.....

.....

3. **أرسمُ العلاقة البيانية** بين القوّة الكهربائيّة والمسافة الفاصلة بين مركزَي الكرتين (r).

التجربة 2

استنتاج العلاقة بين الجهد بالقرب من شحنة موجبة والبعد عنها

الخلفية العلمية:

ينشأ مجال كهربائي حول الشحنة النقطية الموجبة الموضوعة في الفراغ أو الهواء، ويمكن تمثيل خطوط المجال الكهربائي لهذه الشحنة بخطوط مستقيمة تمتد من الشحنة باتجاه بعيد عنها، ويحسب المجال عند نقطة بالعلاقة الآتية:

$$E = k\frac{Q}{r^2}$$

حيث الرمز (Q) يمثل الشحنة النقطية المولدة للمجال، (r) يرمز إلى بعد النقطة التي يقاس عندها المجال عن الشحنة المولدة، (k) ثابت التناسب. أما جهد هذه النقطة فيعطى بالعلاقة:

$$V = k\frac{Q}{r}$$

في هذه التجربة يوضع مسمار متصل بالقطب الموجب لمصدر التيار المستمر ليمثل الشحنة النقطية الموجبة، وتوضع حوله حلقة نحاسية بحيث يكون المسمار في مركزها، فتحيط به وتتصل مع القطب السالب (جهده صفر) لمصدر التيار المستمر، وبذلك فإن خطوط المجال ستخرج من الشحنة الافتراضية الموجبة (المسمار الموجب) وتتجه نحو الحلقة التي تمثل أجزاؤها نقاطًا جهدها صفر تقع على بعد لا نهائي من الشحنة.

في إجراءات التجربة سوف نضع المسمار المتحرك الذي يمثل المجس عند نقاط مختلفة حول الشحنة الموجبة لقياس جهد كل نقطة، بهدف دراسة العلاقة بين بُعد النقطة عن الشحنة وجهد هذه النقطة.

المحلـول الكهرلي الذي سوف تغمر بـه الأقطاب موصل للكهرباء وله مقاومـة، مما يجعل الجهد الكهربائي داخل المحلول يتغير بحسب توزيع المقاومة حول الشحنة الافتراضية (المسمار الموجب).

الهدف:

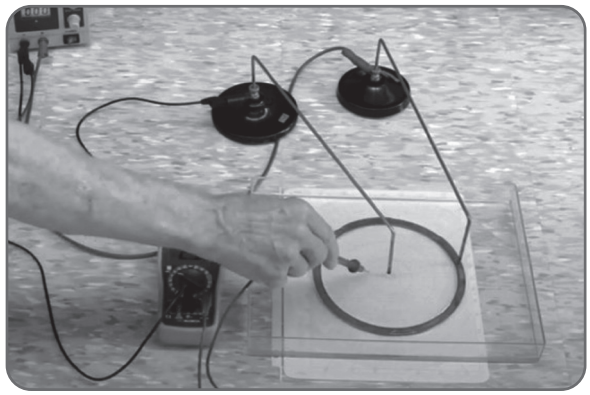
دراسة العلاقة بين الجهد عند نقطة وبعد النقطة عن الشحنة المولدة للمجال.

المواد والأدوات:

مصدر طاقة (DC) منخفض الجهد، فولتميتر، أسلاك توصيل، (3) لواقط فلزية، مسماران، ورقة رسم بياني، قلم، حوض بلاستيكي أو زجاجي شفاف، حلقة من سلك نحاسي يبلغ قطرها حوالي (12 cm)، محلول كهرلي منخفض التركيز (كبريتات النحاس).

إرشادات السلامة:

الحذر في التعامل مع كل من: المسامير، ومصدر الطاقة، والمحلول.



أصوغ فرضيتي:

حـول العلاقـة بين الجهد الكهربائي لنقطـة بالقرب من شحنة كهربائية نقطية وبين بُعد هذه النقطة عن الشحنة.

أختبر فرضيتي:

أنفذ الخطوات الآتية بالتعاون مع أفراد مجموعتي:

1. أرسم على الورقة دوائر متحدة المركز أنصاف أقطارها (1, 2, 3, 4, 5, 6 cm)، أضعها على الطاولة وأضع فوقها الحوض.
2. أضع الحلقة النحاسية في أسفل الحوض، بحيث تنطبق على إحدى الدوائر المرسومة على الورقة، وأثبت فوق مركز الورقة أحد المسمارين، كما في الشكل. ثم أسكب المحلول في الحوض حتى ارتفاع (1 cm) تقريبًا.
3. أصل القطب الموجب لمصدر الطاقة بالمسمار المثبت في المركز، وأصل القطب السالب بالحلقة النحاسية، ثم أصل أحد طرفي الفولتميتر بالحلقة النحاسية وطرفه الثاني بمسمار متحرك أستخدمه مجسًّا للجهد.
4. **أجرب:** أضبط مصدر الطاقة على جهد مستمر (10 V)، ثم أشغله، وأضع المجس على نقطة في محيط الدائرة الأولى (الصغرى)، ثم أدون قراءة الفولتميتر ونصف قطر الدائرة الأولى (الصغرى) في جدول خاص، وأكرر ذلك على نقطتين أخريين في المحيط نفسه.

5. **أضبط المتغيرات**: بتثبيت الجهد وتغيير المسافة، أكرر الخطوة (4) بالنسبة للدوائر جميعها المرسومة على الورقة، وأدون قراءات الفولتميتر ونصف قطر الدائرة في الجدول.

البيانات والملاحظات:

رقم المحاولة	بعد النقطة عن الشحنة r(m)				الجهد الكهربائي V(V)
	r_1(m)	r_2(m)	r_3(m)	r(m)	
1					
2					
3					
4					

التحليل والاستنتاج:

1. **أفسر**: لماذا وضعت في الحوض محلول كبريتات النحاس وليس الماء؟

.....

.....

2. **أستنتج** العلاقة بين الجهد الكهربائي والبعد عن الشحنة النقطية الموجبة (القطب الموجب).

.....

3. **أستخدم الأرقام**: أحسب متوسطات الجهد لكل دائرة، وأرسم العلاقة البيانية بين الجهد على محور (y) والمسافة على محور (x).

.....

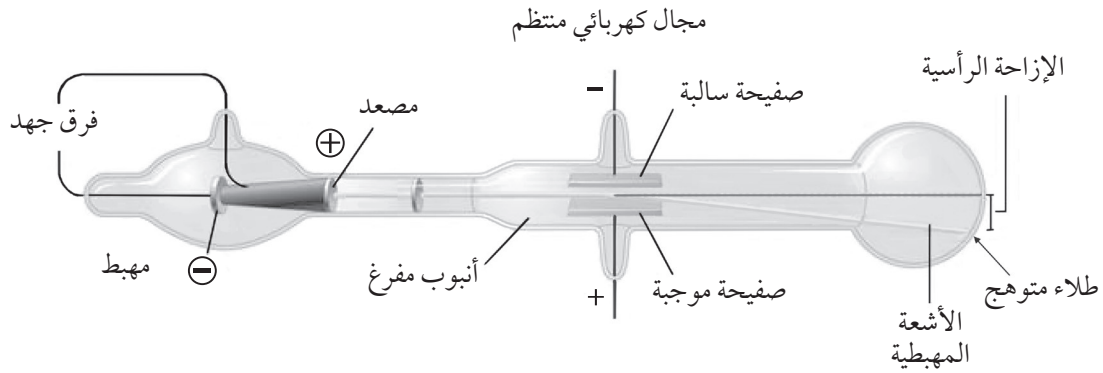
4. **أصدر حكمًا** عما إذا كانت النتائج قد توافقت مع فرضيتي أم لا.

.....

اكتشاف الإلكترون

الخلفية العلمية:

أثبت عالم الفيزياء البريطاني ثومسون في عام 1897م أنّ الذرّة ليست هي المكوّن الأساس للمادّة؛ وذلك عندما لاحظ أنّ الأشعّة المهبطيّة تنحرف عن مسارها المستقيم داخل أنبوب زجاجي منخفض الضغط، عندما تتأثر بأيّ من المجالين الكهربائيّ أو المغناطيسي، وبذلك يكون قد أثبت أنّ الأشعّة المهبطيّة تتكوّن من دقائق مادية مشحونة، كما يُبيّن الشكل أدناه. وهذه الدقائق تنبعث من القطب السالب (المهبط) وتتّجه نحو القطب الموجب (المصعد)، فهي تحمل شحنةً كهربائيّةً سالبة، وهذه الدقائق التي اكتشفها ثومسون تسمى الآن (إلكترونات).



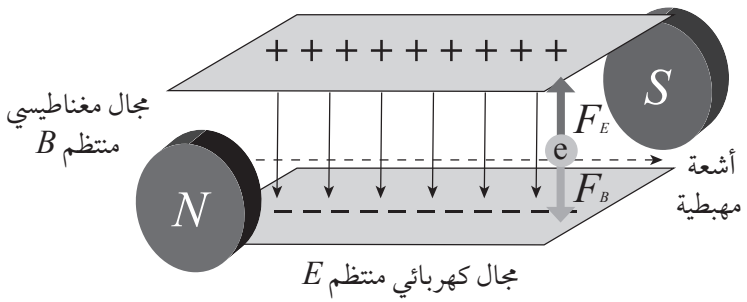
تمكّن ثومسون من قياس مقدار انحراف الأشعّة المهبطية تحت تأثير كل من المجال الكهربائيّ والمجال المغناطيسي، ثم حساب نسبة كتلة الإلكترون إلى شحنته. وبتكرار هذه التجربة، واستعمال فلزّات مختلفة لمادّة المهبط، وغازات مختلفة في الأنبوب؛ تبيّن أنّ الإلكترون لا يختلف من مادّة إلى أخرى؛ فهو مكوّن أساس لذرّات الموادّ جميعها.

مكوّنات أنبوب الأشعّة المهبطيّة:

1. أنبوب زجاجي شفّاف في داخله غاز منخفض الضغط؛ متّسع من إحدى نهايتيه ومطلي بمادّة متوهجة، تُضيء عند سقوط الأشعة المهبطيّة عليها.
2. القطب السالب (المهبط) الذي يوصل مع القطب السالب لمصدر الطاقة الكهربائيّة، وتنبعث منه الأشعّة المهبطيّة.
3. القطب الموجب (المصعد)، الذي يوصل مع القطب الموجب لمصدر الطاقة الكهربائيّة، فيعمل على تسريع دقائق الأشعّة المهبطيّة وإكسابها طاقة حركيّة.

4. وحدة توجيه الأشعّة المهبطيّة، وتتكوّن من مجال كهربائيّ ومجال مغناطيسي خارجيّين يتحكّمان بانحراف الأشعّة المهبطية، وذلك عن طريق التغيير في مقدار أي منهما.

أنشأ ثومسون مجالين كهربائيّ ومغناطيسيّ متعامدين، يؤثّران في الحيّز الذي يعبر خلاله مسار الأشعّة المهبطيّة؛ بحيث يعمل المجال الكهربائيّ على انحرافها نحو الأعلى، ثم يعمل المجال المغناطيسي على إعادتها إلى مسارها الأُفقيّ المستقيم، وبذلك تكون القوّة الكهربائيّة المؤثّرة في الإلكترون نحو الأعلى مساوية في مقدارها للقوّة المغناطيسية المؤثّرة فيه نحو الأسفل، كما هو موضّح في الشكل أدناه.



في المرحلة الأولى، طبّق ثومسون المجال الكهربائيّ وحده فانحرف مسار الجُسيمات إلى الأعلى، فقاس مقدار الانحراف وزاويته (θ)، ثم طبّق المجالين معًا، واستخدم العلاقة الرياضية الآتية لحساب نسبة كتلة الإلكترون إلى شحنته:

$$\frac{m}{e} = \frac{B^2\, l}{E\theta}$$

إذ تُمثّل الرموز: (m) كتلة الإلكترون، (e) شحنة الإلكترون، (B) مقدار المجال المغناطيسي، (E) مقدار المجال الكهربائيّ، (l) طول أحد اللوحين الفلزيّين للمجال الكهربائيّ، (θ) زاوية الانحراف في حالة تأثير المجال الكهربائيّ وحده.

الهدف:

- استقصاء خصائص الأشعّة المهبطيّة (حزمة الإلكترونات)، وهي: لها كتلة وتمتلك طاقة حركيّة، تسير في خطوط مستقيمة، مشحونة بشحنة سالبة.
- استعمال أنابيب الأشعّة المهبطيّة للتحكّم في مسار الإلكترونات خلال المجال الكهربائيّ المنتظم، لاستقصاء العلاقة بين شدّة المجال والإزاحة الرأسية للجسيمات.

المواد والأدوات :

مجموعة أنابيب الأشعّة المهبطيّة (أنبوب لكلّ خاصّية)، ملف حثّي (رومكورف) لتوليد الجهد المرتفع أو مصدر جهد مستمر مرتفع، أسلاك توصيل.

إرشادات السلامة:

- الحذر عند التعامل مع مصدر الطاقة الكهربائيّة عالي الجهد وما يتّصل به من أسلاك وأدوات؛ إذ إنّ الجهد المرتفع يُحدث تفريغًا كهربائيًّا وصعقةً، دون حدوث لمس للأجزاء.

خطوات العمل:

بالتعاون مع أفراد مجموعتي؛ أُنفّذ الخطوات الآتية:

1. أصل قطبَي أنبوب الأشعّة المهبطيّة الذي يحتوي على صفيحة فلزّية بشكل إشارة (+)، مع قطبَي الملف الحثّي.
2. أصل الملف الحثّي مع جهد منخفض، ثم أُشغّله وأراقب مسار الأشعّة المهبطيّة والظلّ المتكوّن على طرف الأنبوب للقطعة الفلزية، ثم أُدوّن ملاحظاتي واستنتاجاتي.
3. أُقرّب قطب مغناطيس قوي من مسار الأشعّة المهبطيّة، وأُلاحظ ما يحدث وأُدوّنه.
4. أفصل الطاقة عن الملف الحثّي، ثم أُبدّل أنبوب الأشعّة المهبطيّة بآخر يحتوي في داخله على دولاب قابل للدوران، ثم أُشغّل الملف وأُدوّن ملاحظاتي.
5. أُكرّر الخطوة الرابعة باستعمال أنبوب يحتوي على صفيحتين فلزّيتين متقابلتين، وأصلهما بمصدر جهد مستمر مناسب (500 V)، وأُكرّر فصل الصفيحتين ووصلهما بوجود حزمة الأشعّة المهبطيّة، وأُلاحظ ما يحدث وأُدوّن ملاحظاتي.

البيانات والملاحظات:

عند استعمال الأنبوب الذي يحتوي على قطعة فلزّية على شكل إشارة (+)، لاحظتُ أنّ:

.....

.....

عند تقريب أحد قطبَي المغناطيس من مسار الأشعّة المهبطية لاحظتُ أنّ:

.....

.....

عند استعمال الأنبوب الذي يحتوي على دولاب قابل للدوران، لاحظتُ:

.....

.....

عند استعمال الأنبوب الذي يحتوي على صفيحتين تُشكّلان مجالًا كهربائيًّا منتظمًا، لاحظتُ:

.....

.....

التحليل والاستنتاج:

1. ما الذي أستنتجه من تكوّن ظلّ مشابه للجسم في الخطوة الثانية؟

.....

.....

2. ما الذي أستنتجه من انحراف مسار الأشعّة المهبطيّة، عند تقريب قطب المغناطيس منها؟

.....

.....

3. ما الذي أستنتجه من دوران الدولاب عند اصطدام الأشعّة المهبطيّة فيه؟

.....

.....

4. ما الذي أستنتجه من انحراف مسار الأشعّة المهبطيّة، عند تطبيق مجال كهربائيّ منتظم؟

.....

.....

أسئلة تفكير

1- أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكلّ ممّا يأتي:

1. تتجمّع دقائق الغبار بصورة مستمرّة على شاشات أجهزة التلفاز والحواسيب، ويحدث ذلك بسبب الكهرباء الساكنة وفق الآلية الآتية:

أ . تكون دقائق الغبار مشحونة بشحنة سالبة؛ فتتجاذب مع الشحنة الموجبة على الشاشة وترسّب عليها.

ب. ينشأ أمام الشاشة مجال كهربائي يعمل على إحداث استقطاب لدقائق الغبار العالقة في الهواء؛ فينجذب طرفها المخالف في شحنته نحو الشاشة.

جـ. يتسبّب الضوء الصادر عن الشاشة في شحن دقائق الغبار عن طريق تأيينها وفقدها للإلكترونات؛ فتنجذب نحو الشاشة.

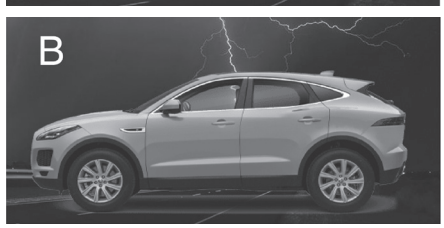
د. يحتوي الهواء على إلكترونات حرّة تلتصق بدقائق الغبار وتحوّلها إلى أيونات سالبة تنجذب نحو الشاشة الموجبة.

2. بينما كان أحمد يقود سيارته (A) وصديقه حسن يقود سيارته (B)، تعرّضا لتغيّر مفاجئ في حالة الجو وخطر متوقّع لحدوث صاعقة؛ فتذكّرا ما درساه في مبحث الفيزياء عن المجالات الكهربائيّة، فقرّر كلّ منها أن يبقى داخل سيّارته لتحميه من خطر الصاعقة. هل كان قرارهما صائبًا؟

أ . القرار غير صائب؛ إذ إن كلتا السيّارتين مصنوعتان من الحديد وهو موصل للكهرباء، فلا تستطيع السيّارتان حماية السائقَين من الخطر.

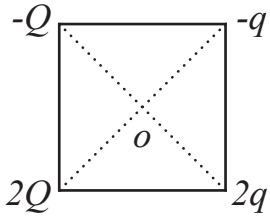
ب. القرار صائب بالنسبة لكلا السائقَين؛ فسيّارتاهما لا تلامسان الأرض بسبب العجلات العازلة، ولا يمكن أن يحدث تفريغ للشحنات، فكلا السائقين في وضع آمن.

جـ. سائق السيارة (A) سيكون في مأمن؛ لعدم وجود سقف لسيّارته، ما يجعل الشحنات الكهربائيّة تتّجه إلى مقدّمة السيارة ومؤخّرتها دون أن تصل إليه، أمّا السائق الآخر فقد يكون معرّضًا للخطر.



د. سائق السيارة (B) سيكون في مأمن؛ لأنّ هيكل سيارته موصل للكهرباء، فيحدث تفريغ الشحنات من الصاعقة إلى جسم السيّارة الفلّزي، ثم إلى الأرض دون أن يتأثّر سائقها، بينما قد يحدث تفريغ في جسم السائق الآخر؛ فالعجلات العازلة لا تمنع تفريغ الشحنة.

3. (4) شحنات ($-q,-Q,2q,2Q$) وُضعت كلّ شحنة على رأس مربّع كما في الشكل، العلاقة بين Q و q بحيث يكون الجهد عند مركز المربّع (o) يساوي صفرًا هي:



أ. $Q = -q$ ب. $Q = -\frac{1}{q}$

جـ. $Q = \frac{1}{q}$ د. $Q = q$

2- **أستنتج**: جسيم نقطي مشحون بشحنة كهربائية (2 μC) ويمتلك طاقة حركية (1.2×10^{-3} J). هل ستمكنه هذه الطاقة من الانطلاق من نقطة (a) جهدها (80 V) والوصول إلى النقطة (b) وجهدها (640 V)؟ أثبت إجابتي حسابيًّا.

3- شحنتان مختلفتان في المقدار، وضعتا عند نقطتين متساويتين في الجهد الكهربائي، فهل طاقة الوضع الكهربائية متساوية للشحنتين؟ أفسر إجابتي.

4- **أصمم** تجربة لشحن كرتين موصلتين موضوعتين على قاعدتين عازلتين، بشحنتين متساويتين مقدارا، ومختلفتين في النوع. باستخدام الأدوات الآتية: قطعة صوف، قضيب بلاستيك.

دراسة الحركة التذبذبية لجسم معلق في نابض

الخلفية العلمية:

تتحرّك الأجسام بأشكال مختلفة؛ منها ما يتذبذب(يهتزّ) ذهابًا وإيابًا حول موقع ثابت، مثل تذبذب جسم معلّق بنابض إلى أعلى وأسفل عند إزاحته عن موقع الاتزان ، وتُسمّى القوّة التي تعمل على إعادة الجسم إلى موقع الاتّزان القوّة المُعيدة. وبتطبيق القانون الثاني لنيوتن نتوصل إلى أن القوة المعيدة تُكسب الجسم تسارعًا يتناسب طرديًّا مع مقدار الإزاحة، واتجاهه عكس اتجاهها، أي يكون اتجاه التسارع باتجاه القوّة المعيدة، وتُسمّى حركة النظام التي تحقّق هذا الشرط الحركة التوافقية البسيطة.

الحركة التوافقية البسيطة هي حركة دورية تتكرّر بانتظام، وتُعرَّف الدورة (الذبذبة الكاملة) بأنها الحركة التي يُحدثها الجسم المهتزّ كي يمرّ بالنقطة الواحدة في مسار حركته بالاتجاه نفسه مرّتين متتاليتين. أما الزمن الدوري فهو الزمن اللازم لإتمام دورة كاملة، ويعتمد على كل من ثابت المرونة للنابض (k) وكتلة الجسم (m) حسب العلاقة الآتية:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

الهدف:

- تعرف الحركة التذبذبية لنظام (كتلة- نابض)
- تمثيل العلاقة بين كتلة الجسم المعلق في نابض ومربع الزمن الدوري بيانيًّا.
- حساب ثابت المرونة لنابض.

المواد والأدوات :

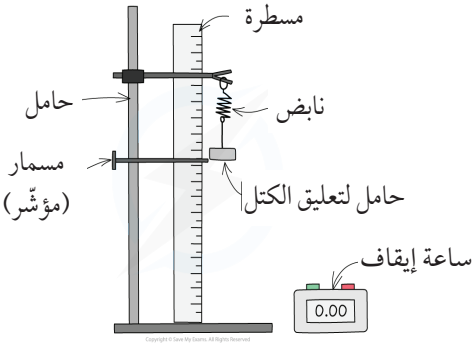
ساعة إيقاف، حامل لتعليق الكتل، كتل مقدار كل منها (50 g)، مسمار (مؤشّر).

إرشادات السلامة:

- الحذر من سقوط الأجسام والأدوات على القدمين.

أصوغ فرضيتي حول العلاقة بين الكتلة المعلقة بنابض والزمن الدوري لنظام (الكتلة -النابض).

أختبر فرضيتي:



بالتعاون مع أفراد مجموعتي؛ أُنفّذ الخطوات الآتية:

1. أُركّب الأدوات كما هو مُبيَّن في الشكل المجاور، وأعلّق حامل الكتل بطرف النابض من دون إضافة كتل عليه، وأسجّل كتلته.
2. أسحب حامل الكتل رأسيًّا إلى الأسفل (مسافة 5 cm مثلًا) وأضبط المؤشّر عند نقطة بداية الحركة، ثم أتركه يتذبذب إلى الأعلى وإلى الأسفل.
3. **أجرّب**: أقيس الزمن اللازم لإتمام 10 ذبذبات مثلًا، حيث تمثل الذبذبة الحركة التي يُحدثها الجسم المهتزّ كي يمرّ بالنقطة نفسها (المؤشّر) مرّتين متتاليتين بالاتجاه نفسه.
4. **أستخدم المتغيرات**: أحسب الزمن الدوري (T) بقسمة الزمن اللازم لإتمام 10 ذبذبات على 10، ثم أحسب مربّع الزمن الدوري (T^2).
5. **أجرّب**: أضيف كتلة (50 g) إلى الحامل وأكرّر الخطوات السابقة. أحرص على سحب الكتلة إلى الأسفل للمسافة نفسها قبل تركها.
6. أكرّر خطوات التجربة، وذلك بزيادة الكتل المعلّقة بالحامل تدريجيًّا، بإضافة (50 g) في كل مرّة، وأسجّل البيانات التي أحصل عليها في جدول مناسب.

البيانات والملاحظات:

الكتلة m(kg)	زمن 10 ذبذبات	الزمن الدوري T(s)	مربع الزمن الدوري $T^2(s^2)$

التحليل والاستنتاج:

1. **أستنتج**: أحدّد المتغير المستقل، والمتغير التابع، ومتغيرين ضُبِطا في التجربة.

.....

.....

2. **أمثّل البيانات** التي أحصل عليها بيانيًّا؛ الكتلة (m) على محور (x) ومربع الزمن الدوري (T^2) على محور (y)، ثم أحسب ميل الخط ($\frac{\Delta T^2}{\Delta m}$)

3. **أستنتج**: يُحسَب الزمن الدوري لنظام (النابض-الكتلة) من العلاقة ($T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$)، وبتربيع هذه العلاقة فإن: ($T^2 = 4\pi^2 \frac{m}{k}$) وأستخدم هذه العلاقة، وأعوّض ميل الخط المستقيم ($\frac{\Delta T^2}{\Delta}$) الذي حسبته، لأتوصّل إلى ثابت المرونة للنابض (k).

.....

.....

.....

.....

4. **أصدر حكمًا** عما إذا كانت النتائج قد توافقت مع فرضيتي أم لا.

.....

.....

.....

التجربة 1
استخدام البندول البسيط؛ لإيجاد تسارع السقوط الحرّ عمليًّا

الخلفيّة العلميّة:

حركة البندول البسيط مثال نموذجي على الحركة التوافقية البسيطة. يتكوّن البندول البسيط من جسم كتلته m (مثل كرة) معلّقة بخيط رفيع مهمل الكتلة (كتلته صغيرة جدًّا مقارنة بكتلة الجسم) طوله L مثبّت على حامل على نحو ما في الشكل. فإذا سُحب الجسم إلى جهة معيّنة عن موقع الاتّزان ($x = 0$) على أنْ تكون الزاوية θ أقل من 10^o تقريبًا وتُرِك؛ فإنّه يتأرجح ذهابًا وإيابًا على المسار نفسه حول موقع الاتّزان في حركة توافقية بسيطة. ومن ثمّ، يمكن حساب تسارع السقوط الحر عن طريق قياس كلّ من طول البندول L والزمن الدوري لحركته T وتطبيق العلاقة:

$$T=2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \Longrightarrow g = \frac{4\pi^2 L}{T^2}$$

الهدف:

- استقصاء العلاقة بين الزمن الدوري لحركة البندول البسيط، وكلٍّ من طوله وكتلته.
- إيجاد تسارع السقوط الحر عمليًّا؛ باستخدام البندول البسيط.
- دراسة حركة البندول عندما تكون زاويته أكبر من 10^o.

الموادّ والأدوات:

كرتان فلزّيتان مختلفتان في الكتلة، حامل فلزّي، خيط غير قابل للاستطالة (أو سلك رفيع)، ساعة إيقاف رقمية، مسطرة مترية.

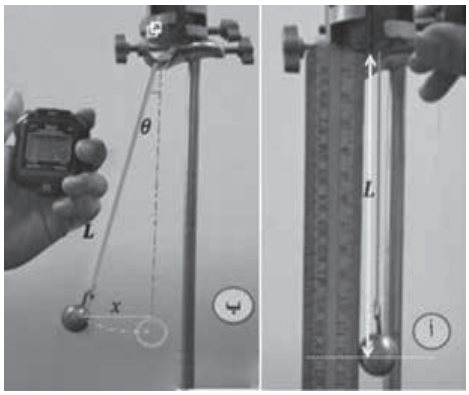
إرشادات السلامة:

الحذر من سقوط الأدوات والأثقال على القدمين.

خطوات العمل:

بالتعاون مع أفراد مجموعتي؛ أُنفّذ الخطوات الآتية:

1. أضع الحامل على سطح الطاولة، وأُثبّت اللواقط على قمّة الحامل، ثمّ أربط أحد طرفَي الخيط بإحدى الكرتين في حين أُثبّت الطرف الآخر للخيط باللواقط على نحو ما في الشكل، على أنْ أتمكّن من تغيير طول الخيط L.



2. **أقيس** طول الخيط (L) باستخدام المسطرة المترية على نحو ما في الشكل (أ)، وأُدوّن النتيجة في الجدول.
3. **أقيس**: أسحبُ الكرة إلى اليسار مسافة أُفقية صغيرة، على أنْ تكون خط غير مائل أقل من 10^o تقريبًا على نحو ما في الشكل (ب)، وأتركها تتذبذب بالتزامن مع تشغيل ساعة الإيقاف من قِبَل أحد أفراد مجموعتي. لقياس زمن 10 ذبذبات كاملة (t_1) وأُدوّن نتائجي في الجدول.
4. أُكرّر الخطوة (3) مرّتين، وأُدوّن زمن عشر ذبذبات في كلّ مرّة (t_2,t_3)، وأُدوّن نتائجي في الجدول.
5. أُكرّر الخطوتين (3 - 4) باستخدام أطوال مختلفة للخيط، وأُدوّن نتائجي في الجدول.
6. أُكرّر الخطوتين (3 - 4) باستخدام الكرة الثانية، وأدون نتائجي في الجدول.

البيانات والملاحظات:

زاوية البندول (θ)	الكتلة m(kg)	رقم المحاولة	طول الخيط L(m)	زمن 10 ذبذبات	متوسّط زمن 10 ذبذبات t(s)	الزمن الدوري T(s)	ميل الخط $\left(\frac{\Delta T^2}{\Delta L}\right)$	تسارع السقوط الحر $g=\frac{4\pi^2}{\left(\frac{\Delta T^2}{\Delta L}\right)}$ m/s^2	
		.1		t_1=					
		.2		t_2=					
		.3		t_3=					
		.1		t_1=					
		.2		t_2=					
		.3		t_3=					
		.1		t_1=					
		.2		t_2=					
		.3		t_3=					
25^o	m'=	.1		t_1=					
		.2		t_2=					
		.3		t_3=					

التحليل والاستنتاج:

1. **أستخدم الأرقام**: أحسب المتوسّط الحسابي (t) للفترات الزمنية الثلاث (t_1, t_2, t_3)، ثمّ **أحسبُ** الزمن الدوري (T)؛ بقسمة متوسّط الزمن (t) على عدد الذبذبات، وأُكرّر ذلك عند تغيّر طول الخيط، ثمّ أُدوّن نتائجي في الجدول.

.....

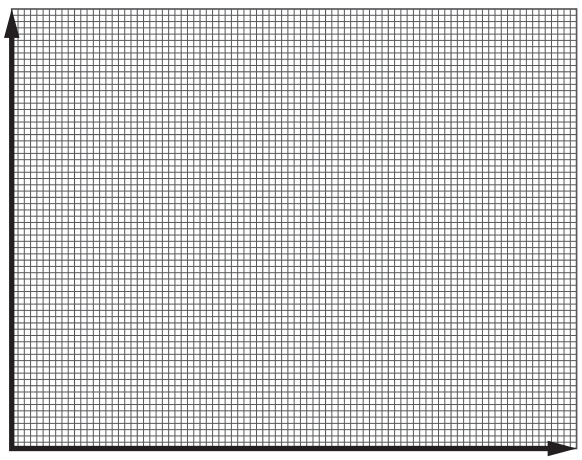
.....

.....

2. **أرسمُ** العلاقة البيانية بين مربّع الزمن الدوري (T^2) على محور y وطول الخيط L على محور x، ثمّ أجد ميل الخطّ الناتج $\left(\frac{\Delta T^2}{\Delta L}\right)$، وأُطبّق العلاقة:

$$g = \left(\frac{L}{T^2}\right) \times 4\pi^2 = \frac{4\pi^2}{\left(\frac{\Delta T^2}{\Delta L}\right)}$$

لحساب تسارع السقوط الحرّ g.



3. **أستنتج**: هل تتّفق قيمة تسارع السقوط الحرّ g المحسوبة مع القيمة المعروفة $g = 9.8\ m/s^2$ ؟ ما سبب الاختلاف إن وجد؟

.....

.....

4. **أستنتج**: هل تغير الزمن الدوري بتغير الكتلة؟ أفسر إجابتي.

.....

.....

5. **أتوقّع**: هل سيتغيّر الزمن الدوري للبندول؛ عندما أُعيد إجراء التجربة في منطقة أعلى؟ أُفسّر إجابتي.

.....

.....

.....

.....

.....

التجربة 2

استقصاء تردّدات الموجات الموقوفة في وتر مشدود

الخلفيّة العلميّة:

يمكن توليد موجات ميكانيكية مستعرضة في حبل أو وتر أو سلك فلزّي مشدود من طرفيه، وذلك بوصل مصدر مولّد للاهتزازات الميكانيكية بأحد طرفَي الحبل ثمّ تشغيل المولّد، فيبدأ بالاهتزاز وتبدأ الموجات المستعرضة بالانتشار في الحبل. نتيجة انعكاس الموجات من الطرفين الثابتين للحبل؛ يحدث تداخل بين الموجات الصادرة عن المولّد والموجات المنعكسة عن الطرفين الثابتين، فتنشأ موجات مستقرّة لها تردّدات مختلفة. يعتمد التردّد الأساسي لهذه الموجات على سُمك الحبل وعلى مقدار قوّة الشدّ. بزيادة كتلة الحبل يقلّ التردّد الأساسي، وبزيادة قوّة الشدّ يزداد التردّد الأساسي.

في هذه التجربة سوف نستخدم خيطًا واحدًا، ونعلق في نهايته كتلة ثابتة؛ و نستقصي ترددات الموجات الموقوفة المتكونة على الخيط.

في حالة عدم توافر مولّد الذبذبات يمكن استخدام سمّاعة كبيرة، بعد تثبيت جزء من أنبوب قلم بلاستيكي في منتصف غشاء السمّاعة باستخدام مادة لاصقة جيّدة، ثمّ ملامسة الأنبوب البلاستيكي للخيط، وتوصيل السمّاعة بجهاز مولّد الإشارة.

الهدف:

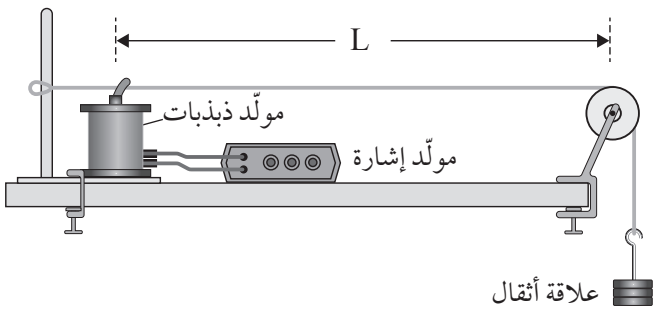
- استقصاء تكوّن موجات موقوفة في وتر مشدود.
- استقصاء تكوّن التوافقات المختلفة للموجات الموقوفة، واستنتاج علاقة بين الطول الموجي وطول الخيط.

الموادّ والأدوات:

مولّد ذبذبات ومولّد إشارة، خيط نايلون، بكرة صغيرة، ملزمتان للتثبيت، حامل أثقال ومجموعة أثقال.

إرشادات السلامة:

الحذر من سقوط الأجسام والأدوات على القدمين، ووضع النظّارات الواقية خوفًا من انقطاع الخيط.



خطوات العمل:

بالتعاون مع أفراد مجموعتي، أُنفّذ الخطوات الآتية:

1. أُركّب أدوات التجربة على نحو ما في الشكل، وأستخدم الملزمتين في تثبيت البكرة ومولّد الذبذبات في الطاولة.
2. أُعلّق كتلة g 50 في الخيط، ثمّ أُشغّل مولّد الذبذبات على أقلّ تردّد ممكن.
3. **أضبط المتغيرات**: أبدأ بزيادة التردّد وأُراقب الخيط حتّى تبدأ الموجات الموقوفة بالتكوّن، أُلاحظ عدد البطون والعُقد المتكوّنة، وأقيس المسافة بين العقدتين وأُدوّنها في الجدول، ثمّ أُدوّن قياس التردّد.
4. **أجرب**: أزيد من مقدار التردّد، وأُراقب تكوّن نمط آخر من الموجات الموقوفة. أُلاحظ عدد البطون والعُقد المتكوّنة، وأقيس المسافة بين عقدتين وأُدوّنها في الجدول، ثمّ أُدوّن قياس التردّد.
5. أُكرّر الخطوة (4)، وأُدوّن القياسات والملاحظات في الجدول.

البيانات والملاحظات:

وصف الموجات الموقوفة في التوافق الأول: .....

وصف الموجات الموقوفة في التوافق الثاني: .....

وصف الموجات الموقوفة في التوافق الثالث: .....

طول الخيط يساوي: ..... الوزن المعلّق يساوي: .....

التوافق	عدد العُقد	عدد البطون	المسافة بين العقدتين	طول الموجة	التردّد	السرعة
1						
2						
3						

العلاقة / التوافق	بين طول الخيط والطول الموجي	بين طول الخيط والتردّد والسرعة
الأول		
الثاني		
الثالث		

التحليل والاستنتاج:

1. **أصف** النمط الأول وأرسمُ شكل الموجة المتكوّنة، وأُحدّد عدد العُقد والبطون فيها، ثمّ أُقارن بين طول الخيط وطول الموجة المتكوّنة.

.....

.....

2. **أصف** النمطين الثاني والثالث بالطريقة نفسها، التي وصفت بها النمط الأول.

.....

.....

3. **أستنتجُ** العلاقة بين طول الخيط وعدد العُقد والطول الموجي للنمط الأول، ثمّ للأنماط المتكوّنة جميعها.

.....

.....

4. **أستنتجُ** العلاقة بين طول الخيط والطول الموجي والتردّد للنمط الأول، ثمّ للأنماط المتكوّنة جميعها.

.....

.....

5. **أتوقّع** أثر زيادة الكتلة المعلّقة في القياسات السابقة.

.....

.....

التجربة 3
قياس طول موجة ضوء أحادي اللون باستخدام محزوز الحيود

الخلفيّة العلميّة:

يجب الانتباه إلى أن تكون الطاولة أُفقية ومحزوز الحيود مثبّتًا بشكل عموديّ على الطاولة وموازيًا للحاجز الذي ستتكوّن عليه الأهداب. يمكن حساب الطول الموجي لضوء أحادي اللون عند سقوطه على محزوز حيود وانحراف الضوء بزاوية؛ وذلك بإجراء عمليات القياس اللازمة، ثم استخدام العلاقة: $\sin\theta_n=\frac{n\lambda}{d}$

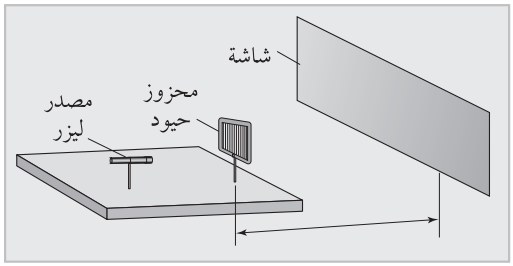
مع الانتباه إلى رقم الهدب المضيء (n)، وكذلك قياس الزاوية (θ_n) بطريقة صحيحة؛ إذ يكون الضلع الأوّل للزاوية هو الخطّ الواصل بين محزوز الحيود والهدب المضيء المركزي (الذي لم يَحِد)، والضلع الثاني للزاوية هو الخطّ الواصل من محزوز الحيود إلى الهدب المضيء ذي الرتبة (n).

أحسب المسافة بين خطين على المحزوز بوحدة المتر باستخدام العلاقة:

$$d=\frac{1}{\text{عدد الخطوط في المليمتر}\times 1000}$$

الموادّ والأدوات:

مصدر ضوء ليزر، محزوز حيود عدد خطوطه معلوم، مشابك تثبيت، شاشة مناسبة للعرض، مسطرة مترية.



إرشادات السلامة:

عدم النظر إلى مصدر الليزر أو انعكاساته.

خطوات العمل:

بالتعاون مع أفراد مجموعتي؛ أُنفّذ الخطوات الآتية:

1. أُركّب أدوات التجربة على نحو ما هو مُبيّن في الشكل أعلاه.
2. أُثبّت محزوز الحيود بشكل عموديّ على سطح طاولة أُفقي باستخدام المشبك، على أنْ يكون المحزوز في وضع رأسي تمامًا.
3. أُثبّت الشاشة في وضع رأسي، وأجعل بعدها عن محزوز الحيود أكبر ما يمكن، أي بحدود (1.5 m).

4. أستخدمُ مشبكًا آخر في تثبيت مصدر الليزر على مسافة مناسبة من محزوز الحيود.

5. أُشغّل مصدر الليزر، وأُلاحظ تكوّن الأهداب المضيئة والمعتمة على الشاشة.

6. **أضبط المتغيرات**: عدد الخطوط في المحزوز ثابت، أضبط المسافة بين المحزوز والحاجز بتحريك الشاشة.

7. **أقيس** المسافة من الهدب المركزي (n_0) والهدب الأول الأيمن (n_1)، والمسافة بين الهدب المركزي والهدب الأول الأيسر، وأُدوّن القياسين في الجدول.

8. **أستخدم الأرقام**: أحسب قياس الزاوية بين الشعاع المركزي والشعاع الأوّل من أحد الجانبين، وذلك بقسمة المسافة بين الهدبين (n_0) و (n_1) على البعد بين الشاشة والمحزوز، فأحصلُ على ظل الزاوية، علمًا بأنّ: ($\theta \approx \sin\theta = \tan\theta$) (عند قياس الزاوية بالتقدير الدائري).

9. أُكرّر القياسات مع الهدب الثاني الأيمن والهدب الثاني الأيسر، وأُدوّن القياسات.

البيانات والملاحظات:

أحسبُ المسافة بين خطّين في المحزوز (d)						
	رقم الهدب	θ_n	$\sin\theta_n$	d(m)	λ(m)	ملاحظات
اليمين	1					
اليسار	1					
المتوسّط	1					
اليمين	2					
اليسار	2					
المتوسّط	2					

التحليل والاستنتاج:

1. أُوضّح لماذا يجب أن تكون المسافة بين المحزوز والشاشة أكبر ما يمكن.

.....

.....

2. **أقترحُ** طريقة للتأكّد من أنّ محزوز الحيود مثبّت تثبيتًا موازيًا للشاشة.

.....

.....

3. **أُفسّر** سبب قياس المسافة من الهدب المركزي إلى الهدب الأول من جهتَي اليمين واليسار، ثمّ استخراج المتوسّط الحسابي .

.....

.....

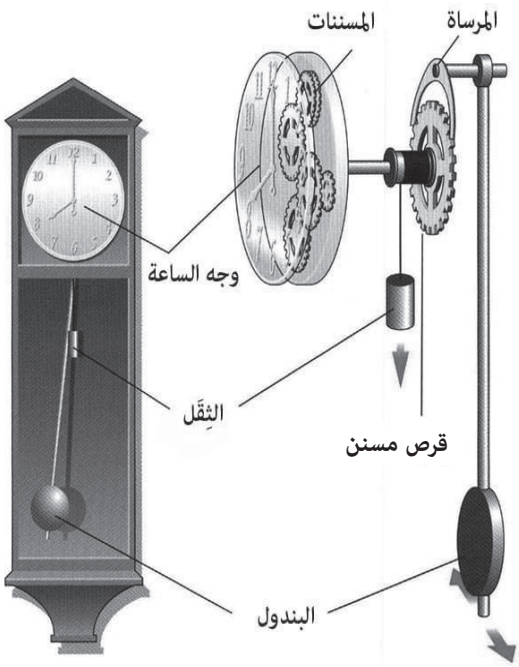
4. **أستخدم الارقام:** أحسب مقدار الطول الموجي للضوء بمعرفة الزاوية θ والقياسات الأخرى في الجدول.

.....

.....

تصميم ساعة بندولية

الخلفيّة العلميّة:



تطوّرت صناعة الساعات عبر التاريخ وظهرت أشكال مختلفة مثل: الساعة الشمسية، والساعة المائية، والساعة الرملية. وفي عام 1657م نجح العالم كريستيان هيغنز Christian Huygens في توظيف فكرة البندول البسيط، في صناعة أول ساعة بندولية تعتمد على الزمن الدوري للبندول، على أنْ يُكمل البندول ذبذبة كاملة في الثانية الواحدة؛ أيْ إنَّ الزمن الدوري للبندول (T=1 s) وتردّده (f = 1 Hz) عن طريق التحكّم بطول البندول واستخدام العلاقة: $T=2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$

فإذا زاد الزمن الدوري عن ثانية واحدة؛ فيجري تقليل طول الخيط L عن طريق إزاحة الكتلة إلى الأعلى، وإذا قلّ الزمن الدوري عن ثانية واحدة؛ فتجري زيادة طول الخيط L عن طريق إزاحة الكتلة إلى الأسفل، أتأمّلُ الشكل المجاور.

في كل ذبذبة كاملة، يحرّك البندول المرساة التي تحرّك القرص المسنّن حركة واحدة تكافئ ثانية واحدة؛ إذ يتحرّك عقرب الثواني المتّصل بالقرص تكّة واحدة، ويُكمل القرص المسنّن دورته الكاملة بعد 60 s؛ إذ يحتوي القرص على 60 مسنّنًا.

الهدف:

- تصميم ساعة بندولية لقياس الزمن.
- استخدام الساعة البندولية التي صُمّمت في قياس الزمن.

الموادّ والأدوات:

كرة فلزّية قابلة للتعليق بخيط، حامل فلزّي، خيط غير قابل للاستطالة (أو سلك رفيع)، ساعة إيقاف رقمية، مسطرة مترية.

إرشادات السلامة:

الحذر من سقوط الأدوات والأثقال على القدمين.

خطوات العمل:

بالتعاون مع أفراد مجموعتي؛ أُنفّذ الخطوات الآتية (المتعلّقة بالبندول فقط):

1. أضع الحامل الفلزّي على سطح الطاولة وأُثبّت اللواقط على قمّة الحامل، ثمَّ أربط قرصًا أو كرة كتلتها m عند المنطقة السفلية من الخيط تقريبًا، في حين أُثبّت الطرف الآخر من الخيط باللواقط العلوية بحيث أتمكّن من تغيير طول الخيط L.
2. **أقيس** طول الخيط (L) باستخدام المسطرة المترية، وأُدوّن النتيجة في الجدول.
3. **أقيس**: أسحبُ الكرة إلى اليسار مسافة أُفقية صغيرة، على أنْ تكون الزاوية θ أقل من 10^o تقريبًا وأتركها تتذبذب بالتزامن مع تشغيل أحد أفراد مجموعتي ساعة الإيقاف؛ لقياس زمن 10 ذبذبات كاملة (t)، وأُدوّن نتائجي في الجدول.
4. **أجرب**: أُكرّر الخطوتين (3-2) مرّات عدّة، على أنْ أُغيّر طول الخيط في كلّ مرّة (زيادة أو نقصان) حتى أحصل على نتيجة يتساوى عندها عدد الذبذبات مع عدد الثواني تمامًا، وأُدوّن نتائجي في الجدول.
5. **أقيس**: أستخدمُ البندول الذي حصلت عليه في الخطوة 4 في قياس زمن حدث ما (t') (زمن قصير نسبيًّا) في المختبر المدرسي، وأُكلّف أحد أفراد مجموعتي بقياس زمن الحدث نفسه (t'') باستخدام ساعة الإيقاف، وأُدوّن نتائجي في الجدول.

البيانات والملاحظات:

رقم المحاولة	طول الخيط L(m)	زمن 10 ذبذبات t(s)	الزمن الدوري T(s)	زمن الحدث باستخدام الساعة البندولية t'(s)	زمن الحدث باستخدام ساعة الإيقاف t''(s)

التحليل والاستنتاج:

1. **أستخدم الأرقام**: أحسب الزمن الدوري T في كلّ محاولة؛ عن طريق قسمة زمن الذبذبات العشر على عدد الذبذبات. كيف يتغيّر الزمن الدوري بتغيّر طول البندول؟

.....

.....

2. **أستنتج**: ما مقدار طول الخيط الذي يصبح الزمن الدوري عنده (T=1 s)؟

.....

.....

3. **أُقارن** بين زمن الحدث المقيس بالبندول (t') وزمن الحدث نفسه المقيس بساعة الإيقاف (t'').

.....

.....

4. **أتوقع**: ما الأخطاء المحتملة في هذه التجربة؟

.....

.....

5. **أتوقّع**: هل يستمرّ البندول في حركته التذبذبية من دون التأثير فيه بقوة؟ أُفسّر إجابتي.

.....

.....

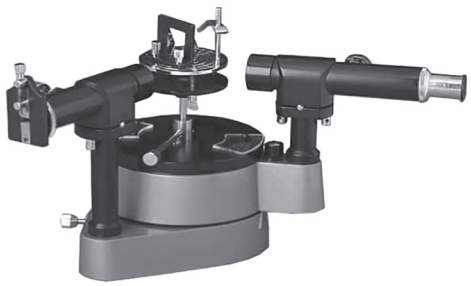
.....

تحليل الضوء الأبيض باستخدام المطياف ومحزوز الحيود

المطياف:

أداة بصرية تُستخدم لتحليل الأطياف الضوئية وقياس زوايا انحراف كلّ لون منها، ويتكوّن المطياف – على نحو ما يُبيّن الشكل المجاور– من الأجزاء الآتية:

قاعدة: يجب تثبيتها بشكل أفقيًّا تمامًا عند الاستخدام، وفوقها منصة دائرية يوضع عليها المنشور أو محزوز الحيود، وتحتوي كلّ من المنصة والقاعدة على تدريج زوايا دقيق يُساعد على ضبط الاتّجاهات بدقّة.

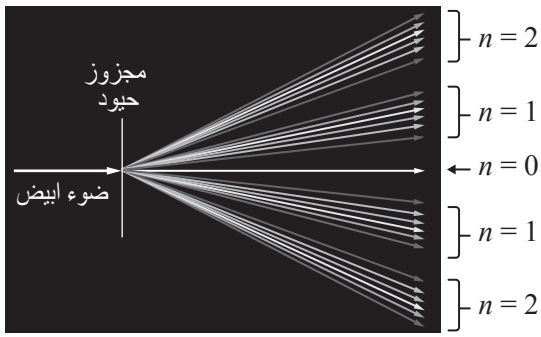


مدخل الضوء: يحتوي على شقّ رأسيٍّ ضيّق قابل للضبط، ومجموعة عدسات للحصول على أشعّة متوازية.

مخرج الضوء: يتكوّن من تلسكوب للنظر عبره، وفيه شعرتان متعامدتان.

محزوز الحيود: أداة لحيود الضوء تحتوي على عدد كبير من الشقوق الرأسية المتوازية (ورد توضيحه في الدرس).

الخلفيّة العلميّة:



يمرّ الضوء من المصباح إلى الشقّ الضيّق في المطياف، ثمّ يتحوّل عن طريق العدسات إلى حزمة متوازية تسقط على محزوز الحيود، وبعد حيودها يمرّ جزء منها خلال التلسكوب، ثمّ يُشاهد الضوء بالعين. وتقاس زاوية الحيود باستخدام مؤشر وتدريج خاص على قاعدة المطياف. ويجري تعويض قيمة الزاوية في العلاقة الآتية: $\theta_n = \frac{n\lambda}{d}$

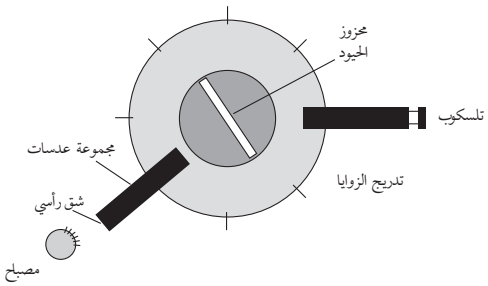
مع الأخذ في الحسبان رتبة الحيود، حيث الرتبة الأولى ($n = 1$)، لها زاوية انحراف لكلّ لون، ثمّ عند الرتبة الثانية ($n = 2$) توجد زاوية انحراف لكلّ لون، على نحو ما يُبيّن الشكل المجاور. بتطبيق العلاقة السابقة لكلّ لون، أجد أنّه ضمن الرتبة الواحدة تزداد زاوية حيود كلّ لون بزيادة طوله الموجي.

الهدف:

- تحليل الضوء الأبيض إلى مكوّنات الطيف المرئي.
- قياس الطول الموجي لكلّ لون من مكوّنات الطيف المرئي.

المواد والأدوات:

مصباح كهربائي متوهّج (تنغستون)، محزوز حيود عدد خطوطه معلوم، مشابك تثبيت، مطياف، شاشة عرض.



إرشادات السلامة:

عدم النظر إلى مصدر الضوء مباشرة، والحذر عند توصيل المصباح بمصدر الطاقة الكهربائية.

خطوات العمل:

بالتعاون مع أفراد مجموعتي؛ أُنفّذ الخطوات الآتية:

1. أُركّب أدوات التجربة على نحو ما هو في الشكل المجاور، على أنْ يكون المطياف أُفقيًّا تمامًا على الطاولة.
2. أُبعد التلسكوب عن مسار الضوء، وأنظرُ إلى مصدر الضوء عبر الشقّ الرأسي، وأضبطُ اتّساعه.
3. أُدوّر التلسكوب على أنْ يصبح على استقامة الشقّ وأنظر خلاله، ثم أضبطُ البؤرة على الشعرتين المتعامدتين داخل التلسكوب، وأتأكّد من أنّ قراءة الزاوية تساوي صفرًا.
4. أضع محزوز الحيود على القاعدة وأُثبّته باستخدام اللاقط، على أنْ يكون عموديًّا ومقابلًا للشق.
5. أنظرُ من التلسكوب وهو على زاوية الصفر، وأبحث عن الهدب المضيء المركزي الذي يظهر باللون الأبيض.
6. أُحرّك التلسكوب ببطء نحو اليمين للبحث عن الهدب المضيء الأول، وأتوقّف عن الحركة عند ظهور اللون الأول، ثمَّ أُدوّن اسم اللون وقياس زاوية الانحراف في الجدول.
7. أُحرّك التلسكوب قليلًا نحو اليمين للعثور على اللون الثاني، وأُدوّن اسم اللون وزاوية الانحراف، وأُكرّر ذلك لبقية ألوان الطيف المرئي.
8. أُكرّر الخطوات (7-4) من الجهة اليسرى، ثمّ أحصل على القياسات وأُدوّنها في الجدول.

البيانات والملاحظات:

الملاحظات التي تتعلّق بالهدب المركزي (n=0):

الألوان: .....

زاوية الحيود: ..... شدّة الإضاءة: .....

الملاحظات التي تتعلّق بالهدب الأوّل (n=1):

الألوان.....

زاوية الحيود: ..... شدّة الإضاءة: .....

جهة الانحراف: .....

الملاحظات التي تتعلّق بالهدب الثاني (n=2):

الألوان.....

زاوية الحيود: ..... شدّة الإضاءة: .....

جهة الانحراف: .....

أوّلًا: الحيود من الجهة اليمنى: (ليس ضروريًّا قياس زوايا ألوان الطيف جميعها)

أحسبُ المسافة بين خطّين في المحزوز (d) .....

اللون	الهدب	θ_n	$\sin\theta_n$	d(m)	λ(m)	ملاحظات
بنفسجي	1					
أزرق	1					
أخضر	1					
أصفر	1					
أحمر	2					

ثانيًا: الحيود من الجهة اليسرى: (ليس ضروريًّا قياس زوايا ألوان الطيف جميعها)

أحسبُ المسافة بين خطّين في المحزوز (d)						
اللون	الهدب	θ_n	$\sin\theta_n$	d(m)	λ(m)	ملاحظات
بنفسجي	1					
أزرق	1					
أخضر	1					
أصفر	1					
أحمر	1					

التحليل والاستنتاج:

1. **أُقارن** بين النتائج في الجدولين، ثمّ **أُفسّر** سبب الاختلافات إن وجدت.

.....

.....

2. **أصف** العلاقة بين الطول الموجي وزاوية الانحراف.

.....

.....

3. **أصف** العلاقة بين رتبة الهدب وشدّة الإضاءة.

.....

.....

4. **أُفسّر** سبب تحليل الضوء الأبيض في محزوز الحيود، وظهور ألوان الطيف عند كلّ هدب.

.....

.....

5. **أُفسّر** سبب مشاهدة اللون الأبيض، وعدم تحليل الضوء في الهدب المركزي.

.....

.....

أسئلة تفكير

1- أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكلّ ممّا يأتي:

1. يستخدم أحمد أرجوحة تتذبذب في حركة توافقية بسيطة. إذا ضاعف الإزاحة القصوى للأرجوحة؛ فماذا سيحدث لكلّ من الزمن الدوري T وأقصى سرعة v_{max} للأرجوحة؟

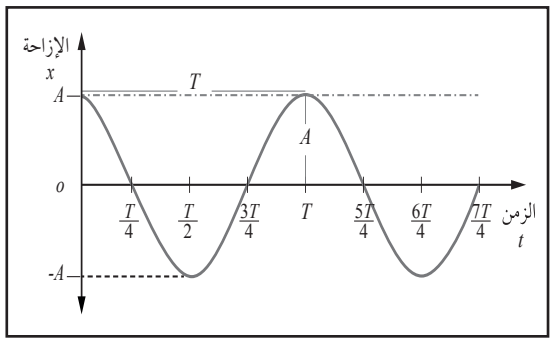
أ . يتضاعف كلّ من T و v_{max}.

ب. يبقى كلّ من T و v_{max} ثابتين.

جـ. T يتضاعف، و v_{max} ثابتة.

د . T يبقى ثابتًا، و v_{max} تتضاعف.

2. يُمثّل الشكل المجاور منحنى (الإزاحة - الزمن) لجسم في حالة حركة توافقية بسيطة؛ عند أيّ من الأزمنة الآتية تكون لسرعة الجسم قيمة عظمى موجبة:



أ . $t = \frac{T}{4}$

ب. $t = \frac{T}{2}$

جـ. $t = \frac{3T}{4}$

د . $t = T$

2. أجرت أمل تجربة لقياس تسارع السقوط الحرّ g عند مستوى سطح البحر؛ باستخدام بندول طوله L وكتلته m وقياس الزمن الدوري T. إذا كرّرت التجربة عند أسفل وادٍ عميق باستخدام البندول نفسه؛ فماذا سيحدث لكلّ من الزمن الدوري للبندول T وتسارع السقوط الحرّ g؟

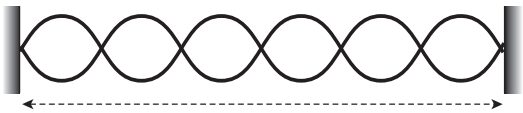
أ . (g، T) ثابتان.

ب. g: يزداد، T: يقلّ.

جـ. g : يزداد، T: يزداد.

د. g: يقلّ، T: يقلّ.

2- يبين الشكل موجات موقوفة تكونت في وتر طوله (L)، وتردد الموجات (f). أستعين بالشكل وأجيب عن الأسئلة الآتية:



أ . أرسمُ الموجات الموقوفة المتولدة في الوتر نفسه إذا تغير التردد إلى ($\frac{2}{3}f$).

ب. أرسمُ الموجات الموقوفة المتولدة في الوتر نفسه إذا تغير التردد إلى ($\frac{3}{2}f$).

جـ. هل يمكن أن يتولد في الوتر نفسه موجات موقوفة ترددها ($\frac{1}{4}f$)؟ **أفسرُ** إجابتي.

.....

3- **أستنتج**: أسقط ضوء ليزر طوله الموجي (630 nm) على شقين متجاورين مظهرًا نمط تداخل المسافة الفاصلة فيه بين هدبين مضيئين متجاورين (7.2 mm). أُسقط ضوء ليزر آخر على الشقين أنفسهما، فكانت المسافة الفاصلة بين هدبين مضيئين متجاورين (8.1 mm)، أجد مقدار الطول الموجي لضوء الليزر الثاني.

بحمد الله تعالى

Collins